



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**INFORME DE FISCALIZACIÓN
RESULTADOS ENSAYOS DE VALIDACION DE CEMS**

EXAMEN DE LA INFORMACIÓN

**“INFORME PREVIO DE VALIDACION PARA METODOLOGIAS ALTERNATIVAS, CENTRAL TERMOELECTRICA
CANDELARIA, UNIDAD TG-2.”**

DFZ-2023-50-VI-NE-EI

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodriguez F.	 Juan Pablo Rodriguez F. Jefe Unidad Calidad del Aire y Cambio climá...
Revisado	Francisco Alegre De la Fuente	 Francisco Alegre De la Fuente Profesional División Fiscalización y Conform...
Elaborado	Claudia Quiroga M.	 Claudia Quiroga M. Profesional División Fiscalización y Conform...



Tabla de Contenidos

1. RESUMEN	3
2. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD	4
3. MOTIVO DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN.....	7
4. MATERIA ESPECÍFICA OBJETO DE LA FISCALIZACIÓN	7
5. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL QUE REGULAN LA ACTIVIDAD FISCALIZADA	8
6. EXAMEN DE LA INFORMACION Y RESULTADOS	8
7. CONCLUSIONES	11



1. RESUMEN.

La unidad TG-2 de la Central Termoeléctrica Candelaria perteneciente a la empresa Colbún S.A. está afecta al cumplimiento del D.S. N° 13/2011 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), que establece “Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas”. En su artículo 8°, dicha norma obliga a las centrales a “*Instalar y Certificar un Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS)*” para lo cual la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) dicta bajo Resolución Exenta N° 1743/2019 el “Protocolo para validación, aseguramiento y control de calidad de sistemas de monitoreo continuo de emisiones “CEMS”.

Cabe señalar, que existen casos o situaciones en que la instalación, validación y mantención de un CEMS en ciertas unidades para medir sus emisiones pueden resultar técnicamente difíciles de ejecutar, pudiendo llegar incluso a ser contraproducente desde un punto de vista ambiental y económico.

En vista de lo anterior, la Superintendencia del Medio Ambiente, publica en el Diario Oficial la Resolución Exenta N° 1909/2019 que Aprueba el “Protocolo para la aplicación de monitoreo de emisiones con métodos alternativos en unidades generadoras afectas al D.S. 13/2011 MMA y otros instrumentos de carácter ambiental específicos para estas fuentes”, donde se indican los requerimientos para que una fuente pueda acogerse a un método de monitoreo alternativo al monitoreo con CEMS para el reporte de las emisiones de los parámetros de SO₂, NOx, Flujo y CO₂, de acuerdo a los apéndices D, E, F y G que establece la parte 75, volumen 40 del Código de Regulaciones Federales (CFR) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) y a monitoreos alternativos de MP para las unidades peak.

Actualmente las turbinas a gas de la Central Termoeléctrica Candelaria se encuentran acogidas al método alternativo “Low Mass Emission (LME)” para el monitoreo y reporte de los parámetros requeridos por el D.S. 13/2011, cumpliendo para ello con lo dispuesto en el punto 5.4 del protocolo anteriormente citado y que aplica para unidades que califican como “unidad dual petróleo-gas” o unidades a gas que operan con bajo factor de capacidad (unidad peak). Conforme a la situación actual y las proyecciones de funcionamiento realizadas por Colbún para esta central, el titular de la fuente ingresa a la oficina de partes de esta Superintendencia, una carta donde se indica que las turbinas no podrán mantener los umbrales de calificación de sus turbinas de gas como LME en virtud de las emisiones anuales de SO₂ y NOx esperadas. La carta señala además que producto de lo anterior, se instalaran CEMS para medir de manera continua las emisiones de los parámetros O₂ y NOx, conforme a lo dispuesto en la Resolución Exenta N° 1743/2019 SMA, no obstante, para el monitoreo de los parámetros SO₂, CO₂, MP y Flujo, el titular solicita acogerse a metodologías alternativas acompañándose para ello de un informe técnico de solicitud de monitoreo alternativo de emisiones.

En el presente informe, se analizan los antecedentes presentados por Colbún S.A. para acogerse a los métodos alternativos propuestos, (diferentes a LME) y que se establecen en la Resolución Exenta N° 1909 SMA, para los siguientes parámetros SO₂, CO₂, MP y flujo de gases.

Como se indica anteriormente, para los parámetros NOx y O₂ Colbún S.A. implementará y validará en cada turbina de gas un Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones (CEMS) de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 13 del 2011 MMA y la Resolución Exenta N° 1743/2019 SMA que aprueba “Protocolo para validación, aseguramiento y control de calidad de sistemas de monitoreo continuo de emisiones (CEMS)”.

El procedimiento realizado por la Central Termoeléctrica Candelaria, Unidad TG-2 para la implementación del Monitoreo Alternativo ha sido el siguiente:



Tabla N°1 Proceso para Implementación monitoreo alternativo

Fecha	Etapa
19/10/2016	La unidad TG-2 de la Central Termoeléctrica Candelaria validó CEMS para los parámetros NO _x , CO ₂ , O ₂ , Flujo y MP bajo la resolución exenta N° 995/2016 de la SMA.
29/06/2017	La Central Termoeléctrica Candelaria Unidad TG-2 ingresó a la oficina de partes de la SMA el informe “Solicitud para acogerse a Monitoreo Alternativo Low Mass Emission (LME)” donde presenta los antecedentes respectivos que le permiten calificar para acogerse a un monitoreo alternativo para estimar las emisiones de NO _x , SO ₂ , CO ₂ , y MP y bajo el cual la SMA pronuncia su aprobación o rechazo mediante resolución fundada, previo examen detallado del informe ingresado, luego es aprobado según resolución exenta N° 1188/2017 de la SMA.
12/10/2021	La Central Termoeléctrica Candelaria Unidad TG-2 ingresó a la oficina de partes de la SMA ,con fecha 12 de octubre de 2021 carta GMA N°021/2021 , solicitando extensión de Condición LME, la cual indica que las emisiones de NOx superaron el umbral de 100 toneladas durante el mes de septiembre del año 2021.
11/11/2021	La SMA se pronuncia respecto de solicitud de extensión de condición LME para Central Candelaria, perteneciente a Colbún S.A., a través de Oficio N°3700, señalando que respecto a la solicitud planteada de manera “excepcional” se autoriza la prórroga en base a las contingencias señaladas por el titular, sin embargo sí durante el 2022 se vuelve a superar el umbral, se deberá disponer del CEMS a partir del año 2023.
07/12/2022	La Central Termoeléctrica Candelaria vuelve a superar los umbrales de emisión del parámetro NOx, por lo que ingresa por oficina de partes mediante la carta GMA 037/2022 la solicitud para acogerse a métodos alternativos diferentes a LME para los siguientes parámetros relacionados con las emisiones a verificar y reportar según el D.S. 13/2011, de acuerdo a los requerimientos que para ello establece la Resolución Exenta N°1.909/2019 de la SMA: SO ₂ , CO ₂ , MP y flujo de gases.
27/12/2022	La Central Termoeléctrica Candelaria ingresó por oficina de partes mediante la carta GMA 040/2022, información complementaria a las solicitudes de uso de Metodologías Alternativas en relación al flujo de gases para la central Termoeléctrica Candelaria.

Del examen de información realizado a los antecedentes presentados en el informe “Solicitud de uso de Metodología Alternativa para el Monitoreo de Emisiones”, se concluye que la Central Termoeléctrica Candelaria TG-2 califica actualmente como una unidad “dual petróleo-gas” no peak, y que pese a no cumplir con los umbrales requeridos para continuar utilizando el Método Alternativo LME, califica igualmente para el uso de otros métodos de monitoreo alternativos establecidos en el protocolo, (Resolución Exenta N°1.909/2019 SMA)aplicando para ello el Método del Apéndice D (para emisiones de SO₂ y consumo energético) y el Método del Apéndice G (para emisiones de CO₂), ambos de la Parte 75, volumen 40 del CFR. Respecto del Material Particulado (MP), se utilizará un factor de emisión basado en el AP-42 de la US-EPA. Finalmente, para el parámetro flujo de gases, la propuesta considera la alternativa (iii) de la Resolución Exenta N°1909/2019 SMA, utilizando el apéndice F de la parte 75 (tabla del factor F), no obstante, y conforme a lo requerido en la Resolución Exenta 680/2021 SMA, no es posible para este último parámetro acoger esta solicitud, debiendo ser monitoreado el Flujo a través de un CEMS debidamente validado.

En base a lo anteriormente expuesto, las metodologías propuestas para estimar de manera alternativa las emisiones de los parámetros SO₂, CO₂ y MP deben ser aprobadas, mientras que para los parámetros NO_x, O₂ se deberán validar los respectivos CEMS. Respecto del parámetro flujo, no es posible aprobar la



metodología propuesta a través de método alternativo, toda vez que la Resolucion Exenta N° 680/2021 SMA, requiere el uso de CEMS de Flujo, por lo que el titular deberá validar el correspondiente CEMS de flujo.



2. IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD

Unidad Fiscalizable: Termoeléctrica Candelaria	UGE: TG-2
Región: VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.	Ubicación de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada:
Provincia: Cachapoal.	Camino vecinal s/n, aledaño a la ribera norte del estero Codegua, a unos 6 kilómetros al oriente de Codegua.
Comuna: Mostazal.	
Titular de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada: Colbún S.A.	RUT o RUN: 96.505.760-9
Domicilio Titular: Av. Apoquindo 4775, piso 11. Las Condes.	Correo electrónico: dgordon@colbun.cl Teléfono: 2 4604000
Identificación del Representante Legal: Thomas Keller Lippold	RUT o RUN: 5.495282-1
Domicilio Representante Legal: Av. Apoquindo 4775, piso 11. Las Condes.	Correo electrónico: tkeller@colbun.cl Teléfono: +56 2 46604000
Fase de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada: Fase de Operación.	
Tipo de fuente: Turbinas a gas ciclo abierto.	Combustible utilizado: Gas Natural - Petróleo Diésel.
Parámetros Estimados: NO _x , SO ₂ , CO ₂ y MP	



3. MOTIVO DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN

Actividad Programada de Seguimiento Ambiental de RCA y/o Otros Instrumentos:		Actividad No Programada:	X
--	--	--------------------------	---

En caso de corresponder a una actividad **No Programada**, precisar si fue recibida por:

Denuncia:		De Oficio:		Otros (especificar):	Validación de CEMS/ Métodos Alternativos
-----------	--	------------	--	----------------------	--

4. MATERIA ESPECÍFICA OBJETO DE LA FISCALIZACIÓN

	Aguas marinas		Residuos líquidos
	Aguas subterráneas		Residuos sólidos
	Aguas superficiales		Ruidos y/o vibraciones
x	Aire		Sistemas de vida y costumbres
	Fauna		Suelos y/o litología
	Flora y/o vegetación		Paisaje
	Glaciares	x	Otros, (especificar): Protocolo para la aplicación de monitoreo de emisiones con métodos alternativos en unidades generadoras afectas al D.S. 13/2011 MMA y otros instrumentos de carácter ambiental específicos para estas fuentes (Res. N° 1909/2019 SMA)
	Patrimonio histórico y/o cultural		



5. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL QUE REGULAN LA ACTIVIDAD FISCALIZADA

	Resolución (es) de Calificación Ambiental (es), especificar:	
x	Norma (s) de Emisión, especificar:	D.S. N° 13/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas.
	Norma (s) de Calidad, especificar:	
	Plan (es) de Prevención y/o Descontaminación Ambiental, especificar:	

6. EXAMEN DE LA INFORMACION Y RESULTADOS

6.1. Monitoreo Alternativo.

La unidad TG-2 de la Central Termoeléctrica Candelaria, solicita acogerse a los siguientes monitoreos alternativos aplicando el Método del Apéndice D (para emisiones de SO₂ y consumo energético) y el Método del Apéndice G (para emisiones de CO₂), ambos de la Parte 75, volumen 40 del CFR. Respecto de Material Particulado (MP) solicita acogerse al método alternativo utilizando un factor de emisión del AP-42 de la US-EPA.

Dado que la unidad TG-2 de la Central Termoeléctrica Candelaria califica como unidad dual petróleo-gas no peak, es posible acoger las metodologías alternativas propuestas para estimar las emisiones de SO₂ y CO₂, además del Consumo energético y el MP de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla.

Nº	Parámetro	Método Alternativo seleccionado	Aplicabilidad
1	SO ₂	Se propone utilizar el Método del Apéndice D de la parte 75, volumen 40 del CFR	El cálculo de la emisión másica horaria de SO ₂ de cada Unidad se basará en la tasa horaria de consumo energético de la Unidad, obtenida mediante mediciones de flujo horario del consumo de combustible ¹ , en conjunto con el % de azufre total (S) en el combustible. Se utilizará la siguiente fórmula, tanto para gas como para diésel:

¹ Colbún realizará calibraciones con frecuencia mínima de dos años de cada flujómetro. Los resultados e informes de dichas calibraciones estarán disponibles ante eventual fiscalización o requerimientos de información al respecto.



		$\text{Emisión en masa de } SO_2 \text{ (ton/h)} = \frac{2 \times Q \times \frac{S}{100} \times \rho}{1000}$ <p>La densidad del diésel se obtendrá a partir de la gravedad específica, ya que es el antecedente que proporciona el análisis por el proveedor, por lo que se deberá actualizar periódicamente.</p> $\text{Densidad Diesel(kg/m}^3\text{)} = \text{Gravedad Específica} \times 1.000 \text{ (densidad del agua)}$ <p>La concentración de SO_2 se determinará de la siguiente forma:</p> $SO_2 \text{ (mg/Nm}^3, 15\% O_2 \text{ base seca)} = \frac{\text{Emisión en masa de } SO_2 \text{ (ton/h)}}{\text{Flujo gases } \left(\frac{Nm}h\right) \times 1.000 \times 1.000 \times 1.000} \times \frac{(20,9 - 15)}{(20,9 - \%O_2)}$ $SO_2 \text{ (ppm)} = \frac{SO_2 \text{ (mg/Nm}^3, 15\% O_2 \text{ base seca)}}{2.617} \times \frac{(20,9 - \%O_2)}{(20,9 - 15)}$ <p>Esta metodología presentada involucra como datos de actividad, el consumo de combustible en base horaria y el contenido en azufre de los combustibles.</p>
2	CO_2	<p>Se propone utilizar el Método del Apéndice D de la parte 75, volumen 40 del CFR</p> <p>El cálculo de la emisión básica horaria de CO_2 de cada Unidad se basará en la tasa horaria de consumo energético de la Unidad, obtenida mediante mediciones de flujo horario del consumo de combustible, en conjunto con un factor de emisión de CO_2 "F-factor" basado en el contenido en carbono del combustible, de acuerdo a lo siguiente:</p> $US \text{ Ton } \frac{CO_2}{hora} = \frac{Fc_{CO_2} \times H \times Uf \times MWCO_2}{2000}$ <p>Donde "US Ton" hace referencia a USA Short Ton = 907,18474 kg = 0,90718474 toneladas métricas en SI.</p> <p>Con respecto al "F-factor", se utilizará el factor de emisión de CO_2 según EPA de 1.040 Scf CO_2/MMBTU para gas natural y de 1.420 Scf CO_2/MMBTU para petróleo diésel.</p> <p>La expresión del Apéndice G para estimar las emisiones de CO_2 en unidades del SI, tanto para gas natural como petróleo diésel, corresponde a la siguiente:</p> $\frac{\text{Toneladas}}{\text{hora}} CO_2 = \frac{FE_{CO_2} \times Q \times PCB \times \rho_{CO_2} \times \rho}{1000 \times 1000 \times 1000}$



			<p>En relación al factor de emisión de CO₂ según la EPA en unidades SI, se utilizará 27.914 Sm³/TJ para gas natural y 38.113 Sm³/TJ para petróleo diésel, donde la letra "S" mayúscula se utiliza para indicar condiciones de presión y temperatura referidas a 20°C y 1 atm, condiciones a las cuales está expresado el valor indicado de F-Factor de CO₂ para gas natural y petróleo diésel.</p> <p>La densidad del CO₂ a 20°C y 1 atm corresponde a 1,8303 kg/Sm³.</p> <p>La concentración porcentual en volumen (% vol) de CO₂ en el flujo de gases en base seca se obtendrá de la siguiente manera:</p> $\% CO_2 vol\ base\ seca = 100 \times \frac{ton\ CO_2/hora}{1.000 \times \rho' CO_2 \times Flujo\ gases\left(\frac{Nm^3}{h}\ base\ seca\right)}$
3	MP	<p>Se propone utilizar los factores de emisión de acuerdo al documento "Complicación de factores de emisión de contaminantes aéreos – AP-42" de la US-EPA, tabla 3.1.2^a Chapter 3 Stationary Internal Combustion Sources.</p>	<p>La determinación de la emisión de MP se realizará utilizando un factor de emisión aplicable de la AP-42 de la US-EPA, de acuerdo a lo siguiente:</p> $\text{Concentración MP (mg/Nm}^3, 15\% O_2 \text{ base seca}) = 1.000 \times 1.000 \times 0,455 \times (FE_{MP}/F_F) \times \frac{(20,9 - 15)}{20,9}$ $\text{Concentración MP (mg/m}^3, \% O_2 \text{ base húmeda}) = 1.000 \times 1.000 \times 0,455 \times (FE_{MP}/F_F) \times \frac{(20,9 - \%O_2)}{20,9} \times \frac{(273,15 + 25)}{(273,15 + T)} \times \frac{1}{1 - H2O}$ <p>Para el caso del uso de combustible Gas natural, se utilizará un factor de emisión de 0,0066 lb/MMBtu obtenido a partir del AP-42, mientras que para el caso del combustible petróleo Diésel aplica un factor de emisión de 0,012 lb/MMBtu de acuerdo al AP-42.</p> <p>Con respecto al "F-factor", se utilizará el factor establecido en la Tabla 1 de Apéndice F de Parte 75 de CFR 40 EPA, que corresponde a 251 Nm³/MMBtu para gas natural y 265 Nm³/MMBtu para petróleo diésel.</p>
4	Consumo Energético	<p>Se propone utilizar el Método del Apéndice D de la parte 75, volumen 40 del CFR</p>	<p>El consumo energético se obtendrá mediante mediciones de flujo horario del consumo de combustible</p> <p>El consumo energético tendrá la siguiente ecuación: $H (MJ/h) = Q * PCB * \rho$, donde Q: Consumo de combustible por hora (kg/h para gas natural y m³/h para el petróleo diésel); PCB: Poder calorífico bruto o superior (PCB) del combustible (MJ/kg); ρ : Densidad del diésel (kg/m³).</p>
5	Flujo	<p>Se propone utilizar el Método del Apéndice G de la parte 75, volumen 40 del CFR</p>	<p>Valor calculado por Método Alternativo apartado 5 de Protocolo Resolución Exenta N° 1909/2019 SMA; considerando Factor F del combustible de la Tabla 1 de Apéndice F de Parte 75, consumo horario de combustible, PCB del combustible, % O₂ base seca medido a través de CEMS y normalización por temperatura y presión (25 °C y 1 atm).</p>



CONCLUSIONES

Del examen de información realizado a los antecedentes presentados en el informe “Solicitud de uso de Metodología Alternativa para el Monitoreo de Emisiones”, de la unidad TG-2 de la Central Termoeléctrica Candelaria, perteneciente a la empresa Colbún S.A., consideró la verificación de las exigencias asociadas al “Protocolo para la aplicación de monitoreo de emisiones con métodos alternativos en unidades generadoras afectas al D.S. 13/2011 MMA y otros instrumentos de carácter ambiental específicos para estas fuentes”, el cual establece los requerimientos generales y específicos que deben seguir las unidades que califiquen para acogerse a cualquiera de los Métodos Alternativos que fueron aprobados por esta Superintendencia mediante la Resolución Exenta N° 1909/2019.

La metodología de monitoreo alternativo que se designa para la Central Termoeléctrica Candelaria para la estimación de emisiones de los parámetros MP, SO₂, consumo energético y CO₂, corresponden a las siguientes:

Parámetros	Método propuesto
SO ₂	Método del Apéndice D de la parte 75, volumen 40 del CFR.
CO ₂	Método del Apéndice G de la parte 75, volumen 40 del CFR.
MP	Factores de emisión de acuerdo a lo señalado en el “AP-42” de la US-EPA.
Consumo Energético	Método del Apéndice D, de la parte 75, volumen 40 del CFR.

Conforme al análisis de los antecedentes presentados, la unidad TG-2 de la Central Termoeléctrica Candelaria demuestra cumplir con los requisitos para poder acogerse a las metodologías alternativas propuestas. En base a lo anterior, el informe de resultados debe ser aprobado. No obstante, respecto a la propuesta de determinación del flujo de gases a través de la metodología alternativa a partir del flujo de combustible y el factor F de la parte 75, no es posible acoger esta solicitud, toda vez que se deberá dar cumplimiento a lo dispuesto en la Resolución Exenta N° 680/2021 SMA, debiendo utilizar la medición directa por un CEMS de flujo debidamente validado.

El titular de la fuente será responsable de dar cabal cumplimiento a todos los requisitos que establecen las respectivas metodologías alternativas a las que se está acogiendo de manera de asegurar la calidad del dato que sea emitido por esta fuente. Lo anterior, podrá ser objeto de fiscalización en cualquier momento por parte de esta Superintendencia.

